

5G auf dem Campus

Mit privaten 5G-Netzen in die Zukunft

Unternehmen, Messen oder Veranstaltungen können und dürfen private 5G-Netzwerke einrichten. Insbesondere in Fertigung, Wartung und Logistik bieten diese Campus-Netzwerke viele smarte Möglichkeiten.

→ VON BENRD REDER



Bislang orientierte sich jede neue Generation von Mobilfunktechnologien am Wahlspruch der Olympischen Spiele: „schneller, höher, weiter“. Bei der aktuellen Version 5G geht es dagegen nicht nur um höhere Datenraten von derzeit bis zu 20 Gigabit pro Sekunde. Diese Mobilfunktechnik bietet zudem kurze Verzögerungszeiten (Latenzen) im Millisekunden-Bereich und erlaubt es, bis zu eine Million Endgeräte (Devices) pro Quadratkilometer zu versorgen.

Hinzu kommt die Option, mithilfe von Network Slices spezifische Bandbreiten, Latenzzeiten und Übertragungsraten für Anwendungen festzulegen. Das funktioniert auch dann, wenn sich mehrere Applikationen eine 5G-Funkzelle teilen. Slices sind virtuelle Netze, die über dieselbe physische Infrastruktur bereitgestellt werden.

Vereinfacht gesagt handelt es sich bei einem 5G-Campusnetz um eine geografisch begrenzte, lokale Mobilfunk-Infrastruktur, die einem Nutzer exklusiv zur Verfügung steht. Dabei kann es sich auch um ein Netz handeln, das nur temporär in Betrieb ist, beispielsweise auf einem Messe- oder Veranstaltungsgelände.

5G-CAMPUSNETZE NEHMEN FAHRT AUF

Dank dieser Eigenschaften gewinnen private 5G-Netze (P5G) stark an Bedeutung. Für solche Campus-Infrastrukturen hat in Deutschland die Bundesnetzagentur im Jahr 2019 die Frequenzen im Bereich 3700 bis 3800 MHz freigegeben. Außerdem können Interessenten Frequenzen im Bereich zwischen 24,25 und 27,5 GHz für die private, nicht-öffentliche Nutzung beantragen.

In Zahlen heißt das: Bis Anfang Januar 2024 gab es in Deutschland insgesamt 371 Zuteilungen von Frequenzen für 5G-Campusnetze. Die Aufstellung der Bundesnetzagentur enthält neben Serviceprovidern, IT-Firmen, Hochschulen und Kommunen etliche namhafte Industrieunternehmen wie Siemens, Bosch, Miele und Lufthansa. Auch die Autosparte ist mit BMW, Volkswagen, Tesla und Mercedes sowie und Zulieferern wie Schaeffler vertreten.

Unternehmen mit Standorten in der Schweiz (seit Januar 2024) und Österreich können auch dort 5G-Campusnetze einrichten: „Insgesamt beobachten wir, dass nicht nur die Zahl der Private-5G-Netze im DACH-Raum wächst. Auch die Integration der 5G-Technologie in die Betriebsabläufe nimmt zu“, berichtet Joe Wilke, Head of Center of Excellence 5G Industry 4.0 beim Netzausrüster Ericsson.

VIELZAHL VON ANWENDUNGSSZENARIEN

Dass verstärkt private 5G-Netze implementiert werden, liegt an mehreren Faktoren. So haben die Nutzer Anlaufprobleme überwunden, „etwa die mangelnde Verfügbarkeit von industriell einsetzbaren Geräten“, berichtet Marcus Giehl, Practice Director Innovations and Smart Technologies bei NTT Deutschland. „Außerdem hat sich eine Vielzahl von wertschöpfenden Anwendungsfällen in der Praxis bewährt.“ →



DER AUTOR

Bernd Reder
ist freier Journalist mit den Schwerpunkten Netzwerke, IT und Telekommunikation.

An solchen Einsatzfeldern für private Mobilfunknetze herrscht kein Mangel. Dazu zählen etwa Smart Factories, die Bereiche Logistik und Intralogistik, Smart Cities, das Gesundheitswesen und das autonome Fahren. „Anwendungsfälle im Bereich IoT umfassen die Anbindung von Sensoren. Dadurch lassen sich Kosten sparen, weil Kabelwege vermieden werden“, erläutert Dr. Claudius Noack, IT-

Consultant und 5G-Experte beim Digitalisierungsspezialisten Lufthansa Industry Solutions (LHIND).

Ein weiteres Feld, auf dem eine drahtlose Anbindung über Mobilfunk Sinn ergibt, ist nach Noacks Einschätzung das Edge-Computing in Verbindung mit Kamerasystemen und maschinellem Lernen. „Ein Beispiel sind Kamerasysteme, die den Qualitätssicherungsprozess unterstützen.“

„Unternehmen müssen Verantwortung übernehmen“

Auch private 5G-Netze erfordern Vorkehrungen gegen Cyber-Angriffe. Jack Hu, Product Marketing Manager bei CTOne, einer Sparte des IT-Security-Spezialisten Trend Micro, erläutert, worauf es dabei ankommt.

com! professional: Herr Hu, was sind die größten Herausforderungen für Unternehmen, die 5G-Campusnetze vor Cyber-Angriffen schützen wollen?

Jack Hu: Unter dem Aspekt Sicherheit gibt es zwei Hauptprobleme. Das erste ist der mangelnde Konsens hinsichtlich der Absicherung von 5G-Netzen. Viele Nutzer nehmen an, dass 5G per se sicher ist, insbesondere die private Variante. Warum sollten sie daher zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen implementieren? Der zweite Punkt ist, dass Unternehmen selbst die Verantwortung für den Schutz ihrer 5G-Campusnetze übernehmen müssen. Sie können sich nicht auf die Lieferanten von 5G-Ausrüstung und Telekommunikationsanbieter verlassen.

com! professional: Welche Ansatzpunkte für Cyber-Angriffe sollten Unternehmen in erster Linie beachten?

Hu: Trotz der grundsätzlich höheren Sicherheit im Vergleich zu anderen drahtlosen Kommunikationstechnologien machen die Offenheit von 5G und die zahlreichen ungeschützten IoT-Geräte solche Netze anfällig für Angriffe. Hinzu kommen Faktoren wie die „Cloudifizierung“ des Netzwerks.

com! professional: Wodurch unterscheiden sich Schutzmaßnahmen für private 5G-Netze von denen, die sonst im Bereich IT-Sicherheit zum Einsatz kommen.

Hu: Die Netzwerkdomäne hat sich über das herkömmlichen Unternehmensnetzwerk hinaus weiterentwickelt, indem IT-, OT- und CT-Umgebungen [Operational Technology, Communications Technology] integriert wurden. Die speziellen Schnittstellen und das Protokoll von 5G-Netzen erfordern andere Sicherheitsmaßnahmen als diejenigen, die in IT- und OT-Umgebungen zum Einsatz kommen. Viele Unternehmen haben allerdings nur ein begrenztes Verständnis von Telekommunikationssystemen und wissen daher nicht, wie sie ihre privaten 5G-Umgebungen sichern können. Es besteht daher ein wachsender Bedarf an



Jack Hu
Product Marketing Manager,
CTOne

Maßnahmen, mit denen sich OT-Umgebungen absichern lassen, die mit 5G-Netzen verbunden sind.

com! professional: Wie sehen solche Maßnahmen aus?

Hu: Nutzer von 5G-Campusnetzen sollten zum einen ein Verständnis dafür entwickeln, wie solche Kommunikationstechniken funktionieren und die Fähigkeit erwerben, potenzielle Bedrohungen sowohl auf der Endgeräte- als auch auf der Netzwerkebene zu erkennen und zu blockieren. Zum anderen ist es ratsam, ein Zero-Trust-Management einzuführen. Das sollte Endgeräte, Radios Access Networks, das 5G-Campusnetz sowie Anwendungen und Datennetze einbeziehen. Eine Verteidigungsstrategie, die sowohl Netzwerke als auch Endgeräte adressiert, ist von entscheidender Bedeutung.

com! professional: Und wie lässt sich ein solcher Ansatz in der Praxis umsetzen?

Hu: Zunächst muss klar sein, welche Systeme geschützt werden müssen. Das lässt sich mit Endpoint-Sicherheitslösungen erreichen, die auf SIMs [Subscriber Identification Modules] basieren. Sie berücksichtigen die Connectivity-Funktionen von 5G und machen den Sicherheitsstatus aller IoT-Systeme transparent. Wichtig ist zudem eine Managementkonsole, die sowohl die IT- als auch Informationssicherheit berücksichtigt und sich möglichst einfach bedienen lässt. Sie reduziert den Aufwand, der mit der Einführung von 5G-Campusnetzen verbunden ist. Gleichzeitig macht eine Managementkonsole transparent, welche privaten 5G-Verbindungen vorhanden sind und welche Endgeräte diese nutzen.

„Viele Unternehmen haben nur ein begrenztes Verständnis von Telekommunikationssystemen und wissen daher nicht, wie sie ihre privaten 5G-Umgebungen sichern können.“

Bild: CTOne, NTT Data

Solche Applikationen erfordern eine hohe Bandbreite und niedrige Latenzzeiten. Diese Anforderungen erfüllt 5G.

Hinzu kommt die hohe Ausfallsicherheit: „Sie ist ein Hauptmerkmal von 5G. Zudem können Soft- und Hardware-Komponenten die Datenströme ausgefallener Netzwerkelement übernehmen“, weiß Joe Wilke von Ericsson. „Sogar sicherheitsrelevante Netzwerkprotokolle, die für kabelgebundene Architekturen konzipiert wurden, können dank Private 5G nun ohne Kabel realisiert werden.“

WENN WLAN NICHT MEHR AUSREICHT

Dennoch dürften sich nicht wenige Unternehmen trotz der Vorzüge von 5G fragen, ob nicht ein WLAN die bessere Lösung für sie ist. Der aktuelle Standard Wifi 6E stellt Datenraten von bis zu 9,6 GBit/s bereit, wenn die Frequenzbänder 2,4 und 5 GHz sowie 6 GHz genutzt werden. Wifi 7, das 2024 eingeführt wird, soll bis zu 46 GBit/s erreichen.

Doch im Vergleich zu 5G-Campusnetzen sind WLANs in etlichen Fällen nicht die richtige Wahl, erläutert Jens Müller, Team Lead Business Development Network Solution beim Systemhaus Controlware: „Das betrifft besonders Nutzer, die aufgrund der geografischen beziehungsweise gebäudetechnischen Anforderungen mit WLAN keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen können.“ Dabei handelt es sich etwa um Nutzer, die Clients auf großen Flächen anbinden wollen, etwa einem Freigelände oder Industrieparks. „Mit WLAN-Systemen ließe sich das nur durch eine große Anzahl von Access Points realisieren.“

Weitere Punkte nennt Joe Wilke: „Mit 5G kommen Charakteristika zum Unternehmenskunden, die oft als Alleinstellungsmerkmale genannt werden. Verfügbarkeit, Verlässlichkeit und geringe Latenz sind beispielsweise für Anwendungen mit Augmented- und Virtual-Reality-Brillen unerlässlich. Außerdem lässt sich 5G über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg weltweit als Standard nutzen – auch zur Nachverfolgung von Produkten außerhalb des Firmengeländes.“



Foto: Ericsson

„Nicht nur die Anzahl der Private-5G-Netze im DACH-Raum wächst. Auch die Integration der 5G-Technologie in die Betriebsabläufe nimmt zu.“

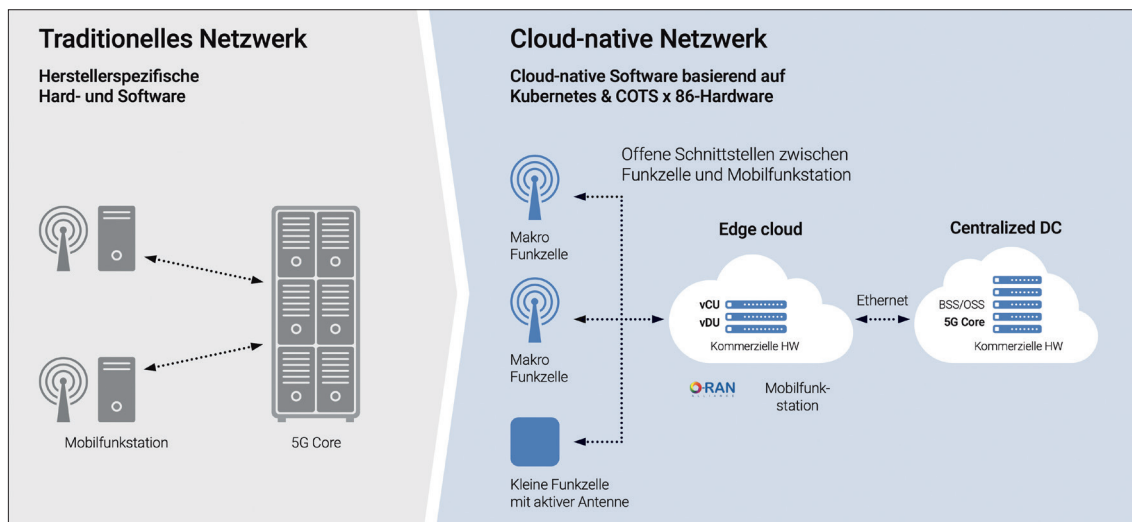
Joe Wilke
Head of Center of Excellence
5G Industry 4.0, Ericsson

Doch bevor eine Organisation sich zwischen privatem 5G-Netz und WLAN entscheidet, ist zwingend eine sorgfältige Analyse erforderlich. „Bezüglich Funktionalität und Performance gibt es durchaus Überlappungen zwischen WiFi und mobilfunkbasierten Funklösungen“, erklärt Marcus Giehl. „NTT empfiehlt, die Auswahl der passenden Funktechnologien immer anhand der unternehmensspezifischen Anwendungsfälle vorzunehmen.“

Um ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis zu erhalten, sollten Giehl zufolge Organisationen möglichst mehrere Use Cases einschließlich ihrer Sicherheitsanforderungen berücksichtigen, um auf eine verlässliche Gesamtkostenbetrachtung zu kommen.

DAS RICHTIGE 5G-PROFIL WÄHLEN

Eine sorgfältige Analyse ist auch deshalb wichtig, weil 5G unterschiedliche Anwendungsprofile zur Auswahl stellt. Enhanced Mobile Broadband (eMBB) ist beispielsweise für Bereiche gedacht, in denen Endgeräte hohe Datenraten bei geringer Latenzzeit benötigen, etwa im Bereich Videoüberwachung. Ultra Reliable and Low Latency Communi-



Cloud versus 5G: Bislang kamen bei öffentlichen und privaten 5G-Netzen herstellerspezifische Systeme zum Einsatz. Mit Technologien wie Kubernetes, Open RAN und Cloud lassen sich stattdessen Standard-Hardware und Open-Source-Software einsetzen.

cations (URLLC) wiederum eignet sich dank Verzögerungszeiten im Millisekunden-Bereich für zeitkritische Anwendungen, etwa die Steuerung von autonomen Transportfahrzeugen und von Echtzeitprozessen in einer Fabrik. Massive IoT (MIoT) schließlich ist dafür ausgelegt, eine große Zahl von IoT-Systemen anzubinden, etwa Sensoren an Maschinen. Das ist beispielsweise beim Predictive Maintenance und der Automatisierung von Prozessen in der Industrie wichtig.

Mit jeder 5G-Spezifikation kommen weitere Profile hinzu. So wurde schon bei der aktuellen Version 18 Wert auf einen geringeren Energieverbrauch und eine höhere Effizienz der Endgeräte und Netzwerkkomponenten gelegt. Das kommt auch IoT-Systemen in Smart Factories oder der Logistik zugute. In Version 19 des 5G-Standards soll der Aspekt Umweltverträglichkeit erneut eine zentrale Rolle spielen, neben Endgeräten mit einer geringeren Komplexität und damit geringeren Kosten.

„Interoperabilität ist oft schwierig“

Initiativen wie Open RAN und CampusOS wollen die Grundlage für offene, herstellerunabhängige private Campusnetze legen, wie Sebastian Scheele, CEO von Kubermatic, erläutert.

com! professional: Die meisten Anbieter registrieren eine hohe Nachfrage nach 5G-Campusnetzen. Wie bewerten Sie diesen Trend?

Sebastian Scheele: Wir sehen hier großes Potenzial und gehen davon aus, dass die Analysten mit ihren Prognosen richtig liegen. Das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen Acumen taxiert beispielsweise den globalen Markt für private 5G-Netze im Jahr 2023 auf über 31 Milliarden US-Dollar, bei einer Steigerungsrate von mehr als 42,4 Prozent jährlich.

com! professional: Wo liegen die technischen Herausforderungen beim Aufbau einer 5G-Campus-Infrastruktur? In der mangelnden Interoperabilität?

Scheele: Aus unserer Sicht ist in der Tat die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Komponenten oft schwierig. Viele 5G-Architekturen sind zudem kompliziert, weil sie auf den großen öffentlichen Netzen basieren und in kleineren Infrastrukturen viel Overhead erzeugen.

com! professional: Mit Open RAN, also Open Radio Access Network, gibt es einen Ansatz, der das Problem der herstellereigenen Netzkomponenten lösen soll. Wie schätzen Sie dieses Konzept ein?

Scheele: Wir sind gespannt auf die Durchschlagskraft von O-RAN. Dieses offene Funkzugangnetz ist ein vollständig Cloud-nativer, disaggregierter Ansatz für die Bereitstellung mobiler Fronthaul- und Midhaul-Netze. O-RAN am Netzwerk-Edge ist effizient und vielseitig, und das kommt 5G-Anwendungen zugute wie dem autonomen Fahren und dem Internet of Things. Es unterstützt Network Slicing, also das Aufteilen in separate, anwendungsspezifische Segmente, und ermöglicht zuverlässige Firmware-Upgrades „Over the Air“.

com! professional: Kubermatic hat im Rahmen der CampusOS-Initiative, die offene, herstellerunabhängige 5G-Campusnetze schaffen will, zusammen mit dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut



Sebastian Scheele
CEO und Mitbegründer,
Kubermatic

ein Netz auf Basis von Kubernetes vorgestellt. Wie passen Kubernetes und 5G zusammen?

Scheele: Unsere Kubernetes-Plattform übernimmt die zentrale Orchestrierung und das Management von 5G-Core-Komponenten – verteilt auf unterschiedliche Hardware oder virtualisierte Knoten. Das von Kubermatic unterstützte Infrastructure-as-Code-Paradigma hilft bei der Gestaltung von Netzen.

Im Gegensatz zu anderen Plattformen ist unsere Kubernetes-Plattform tatsächlich infrastruktur- und herstellerunabhängig. Sie wurde entwickelt, um den IT-Betrieb von der Infrastruktur bis zur Anwendung zu automatisieren und bietet den DevOps-Teams ein intuitives Self-Service-Portal, das in jeder Infrastruktur funktioniert.

com! professional: Welche Rolle spielt die Cloud in privaten 5G-Netzen, vor allem vor dem

Hintergrund der höheren Latenzzeiten, die sich negativ auf Echtzeitanwendungen und den Einsatz von Edge-Systemen auswirken können?

Scheele: Diese Problematik erforschen wir im Rahmen von CampusOS. Entscheidend ist die tatsächliche Latenz, wobei diese pro Komponente einzeln abzuwägen ist. Neben Public Clouds gibt es aber auch die Möglichkeit einer privaten zentralen Cloud. Aus unserer Sicht werden in 5G-Netzen in jedem Fall Edge-Kapazitäten benötigt. Uns beschäftigt vor allem die Frage, welche Komponenten sich auslagern lassen und wie welche Edge-Ressourcen sich dadurch einsparen lassen.

„Viele 5G-Campus-Architekturen sind kompliziert, weil sie auf den großen öffentlichen Netzen basieren und in kleineren Infrastrukturen viel Overhead erzeugen.“

Bild: Kubermatic

Welch Rolle die Wahl des 5G-Anwendungsprofils spielt, betont auch Claudius Noack von Lufthansa Industry Solutions: „Wir haben bereits erlebt, dass Campusnetze ohne vorherige Festlegung des konkreten Anwendungsfalls aufgebaut wurden. Später stellte sich heraus, dass die technischen Anforderungen des Use Cases nicht mit den technischen Gegebenheiten des Netzes übereinstimmten. Das unterstreicht die enorm wichtige Rolle einer klaren Definition des Nutzungsszenarios bereits in der Planungsphase“.

DAS RICHTIGE BETRIEBSMODELL FINDEN

Viel Sorgfalt erfordert auch die Auswahl des Typs und des Betriebsmodells des 5G-Campusnetzes. Die 5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G Acia), eine Sparte des Verbands der Elektro- und Digitalindustrie (ZVEI), und das 3rd Generation Partnership Project (3GPP) haben mehrere Optionen definiert. Die wichtigsten sind:

Standalone Non-Public Network (SNPN): Diese komplett autonomen privaten 5G-Netze kommen vor allem für Anwender in Betracht, die hohe Anforderungen an Latenzzeiten, Sicherheit und Datenkontrolle stellen. Bei Bedarf lässt sich ein Zugang zum öffentlichen 5G-Netz einrichten. Allerdings erfordert der Betrieb eines SNPN einen hohen Aufwand, vor allem, weil nicht jede IT-Abteilung über Know-how im Bereich Mobilfunk verfügt. Hinzu kommen Kosten für Aufbau, Betrieb und Wartung der Infrastruktur.

Non-Public Networks mit 5G-Provider-Anbindung: Hier gibt es mehrere Spielarten. So können der Service-Provider und der Betreiber des privaten 5G-Netzes die RAN-Komponenten gemeinsam nutzen. Das Frequenzspektrum stellt der Betreiber des öffentlichen Mobilnetzes, Daten, Authentifizierungsdienste und User-Database bleiben auf dem Campus. In einer weiteren Variante verlagert man auch 5G Control Plane und Nutzerverwaltung zum Provider. Geringere Kosten und eine Entlastung der eigenen IT- und TK-Experten stehen einer eingeschränkten Kontrolle über die Infrastruktur und die eigenen Daten gegenüber.

Network Slices im Mobilfunknetz eines Providers: Dies ist der Ansatz bei Services wie Vodafone Campus

„Später stellte sich heraus, dass die technischen Anforderungen des Use Cases nicht mit den Gegebenheiten des Netzes übereinstimmten.“

Claudius Noack

IT-Consultant und 5G-Experte,
Lufthansa Industry Solutions



Foto: Lufthansa Industry Solutions

Flex Exclusive. Der Nutzer erhält im 5G-Netz des Providers ein eigenes Netz und muss abgesehen von Endgeräten selbst keine 5G-Systeme vorhalten. Betrieb und Wartung fallen in die Verantwortung des Providers. Firmendaten werden aber im öffentlichen 5G-Netz gespeichert und verarbeitet.

„Aus Sicht der Netzbetreiber stellen bereits Slices eines öffentlichen 5G-Netzes ein privates 5G-Netz dar“, erläutert Marcus Giehl. „NTT positioniert sich im Markt ganz klar mit 5G-Campusnetzen, die zu 100 Prozent in der Hoheit und unter der Kontrolle des Kunden liegen. Beide Sichtweisen und alle graduellen Abstufungen zwischen einem einfachen 5G Slice und einer 100-prozentigen 5G-Campuslösung, können je nach Anwendungsfall Sinn machen.“

PRAXISBEISPIEL: DUAL-SLICING BEI EUROGATE

In der Praxis bilden sich weitere Mischformen heraus. Ein Beispiel ist die 5G-Infrastruktur von Eurogate. Das Unternehmen betreibt in Hamburg, Bremen und Bremerhaven Containerterminals. Die Telekom stattet die Hafenterminals mit einem Dual-Slice-Campus-Netz aus. Dabei versorgt das öffentliche 5G-Netz der Telekom Mitarbeiter, externe Dienstleister und Kunden von Eurogate. Hinzu kommt ein

rein privates 5G-Netz im lokalen 5G-Industriespektrum (3,7 bis 3,8 GHz) und Datenraten von 1,5 GBit/s. Über diesen Teil des Netzes laufen Daten getrennt und unbeeinflusst vom öffentlichen 5G-Datenverkehr. Eurogate stehen de facto zwei 5G-Frequenzbänder und insgesamt 190 MHz Bandbreite zur Verfügung.

Grundlage ist ein CUPS-System (Control and User Plane Separation). Es kombiniert ein 5G-Kernnetz innerhalb des Telekom-Netzes →

„Unternehmen (...) können heute Systemhäuser, Systemintegratoren und IT-Dienstleister zur Unterstützung hinzuziehen.“

Jens Müller

Team Lead Business Development Network
Solution, Controlware



Foto: Controlware

Anbieter von 5G-Campusnetzen, Komponenten und Services (Auswahl)

Anbieter	Lösung(en)	Details
Athonet https://athonet.com	Athonet 5G Core	Sparte von Hewlett Packard Enterprise (HPE); softwarebasierte 5G-Core-Netzwerkplattform; Unterstützung von 5G-Funktionen wie Slicing und Sprachdiensten
Atos https://atos.net	5G Real-Time Enterprise	Private 5G-Netze mit Schwerpunkt auf Anbindung von Edge- und IoT-Systemen und Echtzeitanwendungen (MEC, Multi-Access Edge Computing); Anbindung an Atos-Cloud
AWS https://aws.amazon.com	Integrated Private Wireless on AWS	Zusammenarbeit mit Telekom, T-Systems, Telefónica Tech etc.; Auswahl des passenden 5G-Campusnetzes über AWS-Portal; Anbindung der Netze an AWS-Services möglich
Axians www.axians.de	Axians 5G Demonstrator; Services	5G-Campusnetz-Demonstrator in Frankfurt am Main; Beratung zu Use Cases; Infrastruktur und Services; Partnerschaften mit Athonet, Cisco, Cradle Point, Nokia
Becon www.becon.de	KMU-Campusnetz	5G-Campusnetz für KMU; softwarebasierte Architektur; Komplettsystem mit Hard- und Software, Integration in vorhandene Infrastruktur, Schulungen
Brown-Iposs www.brown-iposs.net	Carat	Streaming-Analysen in privaten 5G-Netzen (Classification and Root-Cause Analyzing); Tool für Untersuchung des Protokollverhaltens in RANs und anderen Quellen; Basis für Netzoptimierung
Campusgenius https://campusgenius.com	Campusgenius Private 5G Plattform	Unternehmen aus Berlin; Komplettlösung für private 5G-Netze; in Transport-Container verfügbar (mobiler Einsatz); Core als modulare, virtualisierte Lösung; Genius Engine für Management und Monitoring; Starterkit für Tests
CampusOS https://campus-os.io/de	CampusOS-Konsortium	Breite Initiative für ein Ökosystems für 5G-Campusnetze mit offenen, modularen Funktechniken und interoperablen Netzwerk-Komponenten
Cisco www.cisco.com	Cisco Private 5G	Services wie Assessment und Analyse der Einsatzumgebung des 5G-Netzes; Bereitstellung von 4G/5G Converged Mobile Core mit Anbindung an Unternehmensnetz
Cocus AG www.cocus.com	5G Campus2Go	Labkit für Proof of Concepts, Forschung, Entwicklung; Zielgruppe Industrie; als Managed Service verfügbar; auch Anbindung von Profinet-Systemen in der Industrie
Controlware www.controlware.de	5G-Testnetz; Services rund um Private 5G	5G-Testinfrastruktur auf Controlware-Campus für Tests und Entwicklung von Proofs of Concept; Beratung; Aufbau und Betrieb von 5G-Infrastrukturen; Entwicklung von Use Cases und Planung
CTOne https://ctone.com	5G Security for Enterprises	Sparte von Trend Micro; Komplettlösungen für Absicherung von privaten 5G-Netzen inklusive IoT- und Industrial-IoT-Umgebungen (IIoT) sowie Operational Technology (OT); Schutz von Endpoints, RANs und MECs (Multi Access Edge Computing)
Digi International; de.digi.com	Komponenten und Komplettlösungen	5G Router; Digi Remote Manager für Bereitstellen und Verwalten von Edge-Systemen, IoT-Geräten und Anlagen mittels Tablet oder Rechner; Services für Planung, Bereitstellung, Schulungen
Eqos; https://eqos-kommunikation.com	Services für Aufbau von 5G-Infrastrukturen	Montage von Mobilfunkmasten, Integration in bestehende Netzwerke; Aufbau von 5G-Campusnetzen
Ericsson; www.ericsson.com/de/	Ericsson Private 5G	Komplettlösung für private 5G-Netze; Komponenten für RAN, Core, Betriebsebene; Integration von IT- und OT-Systemen über APIs; Integration von Kommunikationsdiensten (CSPs)
Firecell; https://firecell.io/de/	Laborkit; Orion; Pegasus	Französischer Anbieter; 5G-Campus-Systeme auf Basis von Open RAN; wahlweise kompakt, mit Funksystem für kleinere Anwendungen oder als Komplettlösung für größere 5G-Campusnetze
FMB Engineering; https://fmb-e.de/	Beratung Planung, Umsetzung	Beratung unabhängig von Hardwareherstellern und Netzbetreibern; Analyse von Anforderungen und Auswahl passender 5G-Komponenten; Unterstützung bei Wahl des Betreibermodells
Hewlett-Packard Enterprise (HPE); www.hpe.com/de/de	5G-, WLAN-, TK-Lösungen über HPE Greenlake; HPE 5G Core Stack	Greenlake als Basis für „Private Netze als Dienstleistung“, einschließlich 5G-Campusnetzen; 5G Core Stack als 5G-Netzwerklösung auf Basis von Cloud und Containern; Integration der 5G-Plattform von Athonet; Einbindung von WLANs (Aruba) in private Netzwerke
Huawei; https://e.huawei.com	5G Compact Private Core Network Solution	5G Compact Private Core als schlüsselfertige, kompakte Lösung für schnellen Aufbau von privaten 5G-Netzen; auch für kleinere Unternehmen; bis 50 GBit/s
Iconec; https://iconec-campusnetze.com	Iconec Campusnetze	Testlabor in Nürnberg; Planung, Implementierung und Optimierung Aufbau von individuellen 5G-Campusnetzen, etwa separatem 5G-Campusnetz oder Infrastruktur mit Anbindung an Provider-Netze
Intel; www.intel.com	Xeon-CPU's mit vRAN Boost u.a.	CPUs für höhere Performance von virtualisierten 5G-RANs (Funkzugangsnetzen) und Open-RAN-Systemen; Unterstützung von cloudbasiertem Netzwerkmanagement und Analyseanwendungen
IS Wireless; www.is-wireless.com	Hard- und Software für 5G- und 5G-Campusnetze	Hardware u. a. von Dell, HPE, Advantech; Software auf Basis von Open RAN, u. a. Near Real-Time RAN Intelligent Controller „Liquid RAN“; Projekt: Aufbau eines privaten 5G-Netzes auf Basis von Open RAN für Industrieanwendungen für Projektkonsortium CampusDyna (T-Systems, Osram, Fraunhofer-Institute IOSB und IPK, Siemens, Gestalt Robotics)
Kubernatic; www.kubernatic.com	Kubernetes Plattform für 5G; Kubernatic KubeOne for 5G	Lösungen für Betrieb und Management von privaten 5G-Campus-Netzen auf Container-Plattform Kubernetes; Cluster mit Edge-Maschinen für Open-Source-Basisstationen und 5G-Core; Mitarbeit im CampusOS-Konsortium

com! professional 1/2024

Anbieter	Lösung(en)	Details
Lancom Systems www.lancom-systems.de	Lancom 1926VAG-5G; 1900EF-5G; 1800EF-5G	SD-WAN-Gateways für private 5G-Standalone-Netzwerke; Schnittstellen für Glasfaser, Gigabit-Ethernet; SIM- oder Dual-SIM-Modelle; Outdoor-Antennen für 5G-Außeneinsatz
Logicalis www.de.logicalis.com	Logicalis Private 5G	5G-Campusnetze auf Basis von Cisco Mobile Core und IoT-Systemen von Cisco, etwa IoT-Sensoren und IoT-Gateways; Monitoring-Tools, Dashboards; Basis: Open RAN
Lufthansa Industry Solutions www.lufthansa-industry-solutions.com	Services für Planung, Aufbau und Betrieb von privaten 5G-Netzen	Herstellerneutrale Beratung; Erstellen von Use Cases; Technologie-Check; Konzeption und Implementierung von 5G-Campusnetzen; Betrieb und Endgeräte-Management; Zielgruppen: auch kleine und mittelständische Unternehmen
Mecsware www.mecsware.com	Mecsware CampusXG	Komplettlösung für 5G-Campusnetze; Evaluation Kit zur Miete; Starter Kit für Produktivbetrieb; inkl. RAN-Basisstationen, 5G Core, Mobile Edge Cloud Server (MECS), SIM-Karten, Dashboard
Microsoft https://azure.microsoft.com	Microsoft Azure Private Core	Bereitstellung von privaten 5G-Kernnetzwerken auf einer mit Azure Arc verwalteten Edge-Plattform innerhalb der privaten Azure-Multi-Access-Edge-Compute-Lösung (MEC)
Mugler www.mugler.de	Telecomplete	Komplettangebot für Erstellen von Use Cases, Konzeption, Planung, Frequenzmanagement, Aufbau und Betrieb eines 5G-Campusnetzes; Einrichten von temporären 5G-Infrastrukturen
Nokia www.nokia.com/de_int	5G Standalone Core; 5G Private Wireless Networks für Smart Factory, Energiesektor, Logistik	Komplettlösungen für Aufbau von 5G-Campusnetzen; Kooperation mit Partnern wie Lufthansa Industry Solutions und NTT; Support von 4G- und 5G-Netzen; inklusive 5G-fähigen Routern, Handhelds, Dongles, Videokameras; Private Wireless TCO Calculator für Kostenberechnungen
NTT Data https://services.global.ntt	Private 5G as a Service	Schlüsselfertiges privates 5G-Netz, inklusive Design, Aufbau, Integration und Management als „Network as a Service“; weltweite Verfügbarkeit; offene, softwarebasierte Architektur
O2 Telefónica www.o2business.de	Telefónica 5G Campus Networks	Komplettlösung für Aufbau eines privaten 5G-Netzes mit kundenspezifischen RAN- und Core-Komponenten; inklusive Planung, Aufbau, Optimierung und Betrieb des Netzes
T-Systems www.t-systems.com	Services für Planung, Aufbau und Betrieb privater 5G-Netzen; Autonomous Logistics Trial Kit	Autonomous Logistics Trial Kit in Zusammenarbeit mit Ericsson entwickelt; für 5G-Netze im Intralogistik-Bereich; 5G-Campusnetze für Smart Factory, Logistik und Anwendungen im Bereich Edge Computing
Telekom www.telekom.com/de/	Campus Netz Smart; Campus-Netz S, M, L und Private	Campus Netz Smart als 5G-Campus-Netz für kleine und mittlere Firmen; Basis: Microsoft Azure Private MEC, inklusive Edge-Plattform und Netzwerk; Campus-Netz Private für lokale Installation mit eigenem Core-Netz; Campus-Netz S, M, L für Betrieb über öffentliche Mobilnetz mit zusätzlichen Infrastruktursystemen; L-Version mit separatem Kernnetz
Telent www.telent.de	Services für Planung, Aufbau und Betrieb von 5G-Campusnetzen	Absicherung von IT-/OT-Umgebungen, Unterstützung bei Auswahl von Systemkomponenten sowie Betrieb über eigenes Netzkontrollzentrum u.a.
TÜV Rheinland www.tuv.com	Beratungsdienste; Planung und Umsetzung von 5G-Campusnetzen;	inklusive Bedarfsanalyse, Prüfen von Use Cases, Umsetzungsplanung, Inbetriebnahme, technischer Abnahme; herstellerneutraler Ansatz
Verizon www.verizon.com/business/de-de	On-Site 5G	Aufbau, Betrieb und Schutz durch Verizon; u. a. Kombination von privatem 5G-Netz und Mobile Edge Computing (MEC); optional Speicherung von Daten vor Ort und Nutzung von IT-Ressourcen des Users
Vodafone www.vodafone.de	Business Campus Private; Business Campus Isolated; Business Campus Flex	Campus Isolated als autarkes 5G-Netz ohne Anbindung an Mobilfunknetz von Vodafone; Campus Flex für garantierte 5G-Performance in Vodafone-Netz mittels Slicing; Basis: Vodafone's öffentliches 5G-Netz; Campus Private als private 5G-Netz mit Anbindung an Vodafone's 5G-Infrastruktur
Wipro www.wipro.com/de-DE/	Wipro 5G Def-i Platform;	in Kooperation mit Cisco entwickelt; Cloud-Plattform mit Netzwerkschnittstellen und Integrationen von Lösungen für Drittanbietern; für Integration vorhandener Applikationen und Netze und Entwicklung von 5G-basierten Anwendungen
Xantaro www.xantaro.net	5G-Campus-Solutions	Services für Planung, Umsetzung und Betrieb von Enterprise-Netzwerken; Zielgruppen: Mittelstand und Großunternehmen; „On-Premise“-Version für Anwender, die Daten auf eigenen Systemen speichern wollen; „Zentral“ für Anbindung mehrerer Standorte mit eigener 5G-Lösung; „Core in der Cloud“ mit 5G-Core in Public Cloud



mit einem lokalen User Gateway beim Anwender. Das Management der Infrastruktur inklusive Campusnetz übernimmt ganz der Serviceprovider. Alle Daten von Eurogate aber verbleiben auf dem eigenen Campus. Ein weiterer Vorteil des lokalen Gateways: die geringere Latenz.

NICHT NUR FÜR DIE „GROSSEN“

Zu den Nutzern der ersten Stunde von privaten 5G-Netzen zählten vor allem größere Unternehmen. Doch das ändert sich, wie Jens Müller von Controlware feststellt: „Für die ersten privaten 5G-Netzwerkimplementierungen wurden die Systeme von Herstellern bereitgestellt, die bis dato explizit den Mobilfunkbereich belieferten. Diese Komponenten waren schlicht zu teuer und für einen Einsatz in kleineren Anwendungsgrößen nicht sinnvoll.“ Mittlerweile seien kompakte Systeme verfügbar, die auch für kleine und mittelständische Firmen (KMU) erschwinglich sind.

„Hinzu kommt, dass die Implementierung von privaten 5G-Systemen in den Anfangszeiten technisch sehr anspruchsvoll war und zum Teil heute noch ist“, so Müller.

Auch hier habe es Veränderungen gegeben: „Unternehmen müssen sich nicht mehr allein um P5G-Infrastrukturen, deren technologischen Ausprägung, die Implementierung und den Betrieb kümmern, sondern können Systemhäuser, Systemintegratoren und IT-Dienstleister zur Unterstützung hinzuziehen.“ Für kleinere Unternehmen besonders interessant seien private 5G-Netze als Managed Service.

Auch für Claudius Noack von Lufthansa Industry Solutions hängen private 5G-Netze nicht an der Firmengröße: „Vielmehr ist die physikalische Größe, also die Fläche des Unternehmens, entscheidend. Für ein kleines Bürounternehmen mag es keinen Anwendungsfall für ein privates Mobilfunknetz geben. Für Organisationen mit einer Fläche von über 3.000 Quadratmetern hingegen sicher.“

PARTNER FINDEN, FALLTÜREN VERMEIDEN

Angesichts des eklatanten Mangels an IT- und TK-Experten in der gesamten DACH-Region ist es speziell für kleinere und mittelständische Unternehmen schwierig, in Eigenregie ein privates 5G-Netz aufzubauen und zu betrei-

Komponenten und Standards

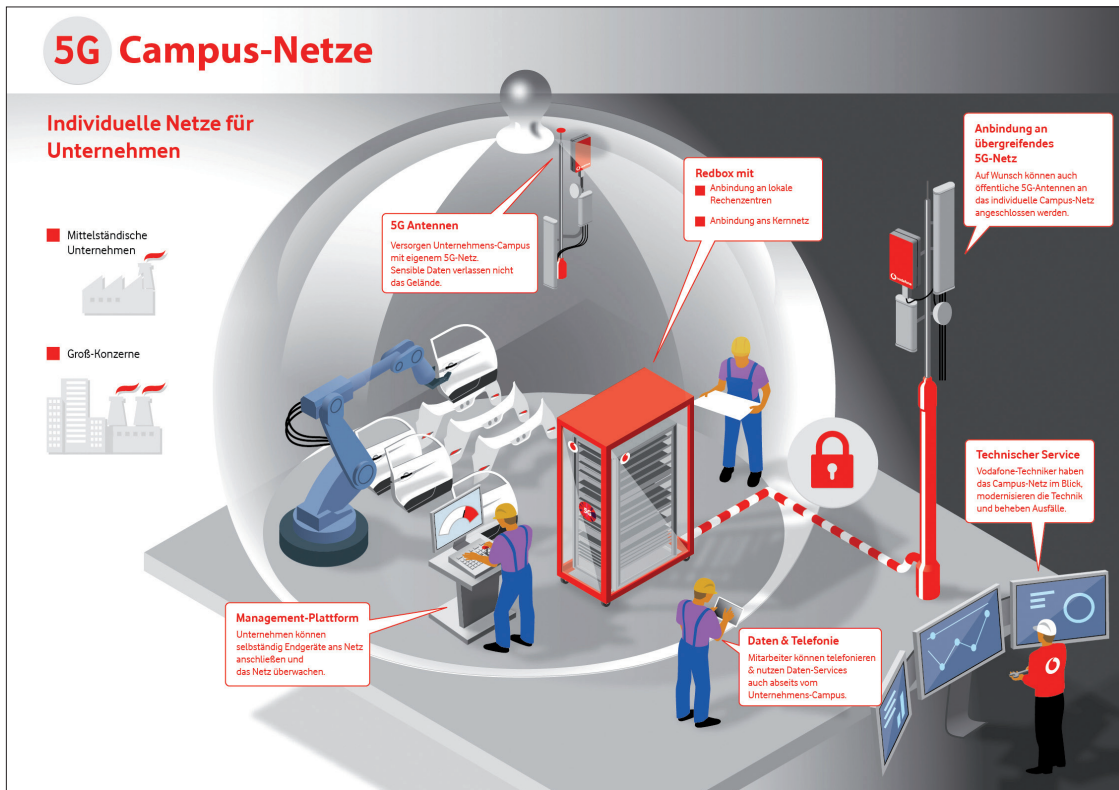
Komponenten:

- **Radio Access Network (RAN):** Zu diesen Schlüsselementen zählen die Antennen und Sendeeinheiten (Indoor, Outdoor) und die Basisstationen, die das Signal in das Netzwerk einspeisen. In Open-RAN-Umgebungen verteilt sich das Zugangsnetz auf Radio Unit (RU), Distributed Unit (DU) und Centralized Unit (CU). DU und CU übermitteln das digitale Funksignal ins Netzwerk. Beide Systeme lassen sich virtualisiert auf Cloud-Servern betreiben.
- **5G Core Network (5G Core):** Das Kernnetz mit Core-Switches, VPN-Routern und lokalen Edge-Servern ist unter anderem für die Sicherheitsfunktionen sowie die Authentifizierung und das Management der Teilnehmer beziehungsweise Endgeräte zuständig. Außerdem stellt es die Verbindung zu anderen Netzwerken her und aggregiert den Datenverkehr von Endgeräten. Es ist möglich, die Core-Komponente in eine Cloud auszulagern (geringere Kosten) oder On Premise zu betreiben (hohe Anforderungen in Bezug auf Sicherheit, Compliance und kurze Latenzzeiten).
- **Multi Access Edge Computing (MEC):** Edge-Rechenzentren beziehungsweise Rechenkapazitäten am Rand einer privaten 5G-Infrastruktur haben die Aufgabe, die Latenzzeiten beim Zugriff auf das 5G-Netz zu reduzieren. Das ist beispielsweise bei der Anbindung von Sensoren, IoT-Systemen, Steuerungen und autonomen Transportsystemen in Fertigungsumgebungen wichtig.
- **User Equipment (UE):** Sensoren, Aktoren und 5G-Module in vernetzten Maschinen, Kameras und weiteren IoT- oder IIoT-Komponenten, aber auch 5G-taugliche Tablets etwa von Mitarbeitern in Kliniken oder der Logistik. Wie private Smartphones oder Tablets sind die Endsysteme in P5G-Netzen mit SIM-Karten oder einer eSIM ausgestattet.

- **Systemmanagement:** Umfasst das Monitoring des 5G-Netzes und das Netzwerkmanagement (Verwaltung von SIMs, Teilnehmern und Konfigurationen). Kann in eine Cloud verlagert oder an externe Spezialisten, etwa bei Service Providern, IT-Häusern und Systemintegratoren, übertragen werden.

Standards und Projekte:

- **Open RAN:** Diese Spezifikation will erreichen, dass sich in einem 5G-Netz RAN-Komponenten unterschiedlicher Hersteller verwenden lassen. Dazu definiert Open RAN offene Schnittstellen zwischen den Komponenten des Zugangsnetzes. Außerdem werden Netzfunktionen virtualisiert, ähnlich wie bei Software-Defined Networking in Unternehmensnetzen. Diese Funktionen arbeiten unabhängig von der darunter liegenden Hardware. Mittlerweile führen Anbieter von 5G-Services und 5G-Systemen Praxisversuche mit der Technik durch, etwa Telekom, Vodafone, O2 Telefónica, Ericsson und Nokia. Auch NTT setzt laut Marcus Giehl bei der Auswahl seiner Technologiepartner auf offene Standards wie Open RAN.
- **CampusOS:** Das Leitprojekt des Bundeswirtschaftsministeriums will ein technologisch souveränes, herstellerunabhängiges und modulares Campusnetz-Ökosystem in Deutschland aufbauen. Anwender sollen Zugang zu einem Technologie-Baukasten und Best Practices für den Aufbau von privaten 5G-Netzen erhalten.
- **CampusDyna:** Dieses Projekt will mit Hilfe offener 5G-Campusnetzwerke Anwendungen in den Bereichen autonome mobile Robotik, Ressourceneffizienz von Produktionsanlagen und zivile Sicherheit von Produktionsstätten entwickeln. Ein Schwerpunkt ist die dynamische Anpassung von Netz- und Anwendungsverhalten, etwa die adaptive Steuerung von lokalen Netzkapazitäten und Datenvolumina oder Netz- und Anwendungsverhalten.



Ein privates 5G-Netz für die Industrie: Vodafone hat für dieses Anwendungsfeld mit der „Redbox“ eine Komplettlösung entwickelt.

ben. „Zellulare Netze erfordern Kompetenzen, die von den Unternehmen oder deren Partnern oft erst aufgebaut werden müssen. Das erfordert Zeit und ist insbesondere für kleinere Unternehmen eine Herausforderung“, bestätigt Joe Wilke von Ericsson. „Hinzu kommt, dass die Auswahl an 5G-Endgeräten wie Maschinen, Sensoren und Gateways zwar täglich wächst, aber noch nicht den von Unternehmen gewünschten Stand erreicht hat.“

In die gleiche Richtung argumentiert Marcus Giehl von NTT: „Aufgrund der vielfältigen Herausforderungen sind 5G-Campuslösungen typischerweise das Geschäft von Systemintegratoren, da diese sowohl über die Technologiekompetenz im Bereich 5G-Mobilfunk als auch über die In-

tegrationskompetenz in die Unternehmens-IT verfügen.“ Die Expertise der Fachleute von Systemhäusern, Systemanbietern und 5G-Service Providern ist vor allem bei der Planung von privaten 5G-Netzen wichtig. Denn hier treffen die IT- und Mobilfunkwelt aufeinander: „Es ist erforderlich, spezielles Fachwissen in der Planung einzusetzen, das häufig in den IT-Abteilungen fehlt“, so Claudius Noack. Dagegen könne der Anwender durchaus selbst den Betrieb des Campusnetzes übernehmen.

Einen potenziellen Problempunkt sieht Noack auch darin, dass etliche Angebote im Bereich private 5G-Netze zu kostspielig sind. Das schrecke potenzielle Nutzer ab. „Dabei kann ein 5G-Campusnetz sogar kostengünstiger sein als eine vergleichbare WLAN-Infrastruktur.“

Auf einen weiteren Aspekt weist Jens Müller von Controlware hin: „Die Einbindung der privaten 5G-Netze in die bestehenden Infrastrukturen der Unternehmen ist sicher eines der wichtigsten Themen, die bei der Auswahl der Systeme neben der technischen Leistungsfähigkeit, der Interoperabilität von unterschiedlichen Herstellern und der Systemskalierung von Relevanz sind.“ ●

„Wir empfehlen, die Auswahl der Funktechnologien immer anhand der unternehmensspezifischen Anwendungsfälle vorzunehmen.“

Marcus Giehl

Practice Director Innovations and Smart Technologies, NTT Germany



Foto: NTT Germany